

# WIND POWER GENERATING DEVICE

Publication number: WO02064974

Publication date: 2002-08-22

Inventor: OBATA AKIRA (JP)

Applicant: OBATA AKIRA (JP)

Classification:

- International: F03D7/04; F03D1/06; F03D9/00; F03D7/00; F03D1/00; F03D9/00; (IPC1-7): F03D7/02

- European: F03D1/06B

Application number: WO2002JP01122 20020212

Priority number(s): JP20010035656 20010213

Also published as:

JP2002242816 (A)

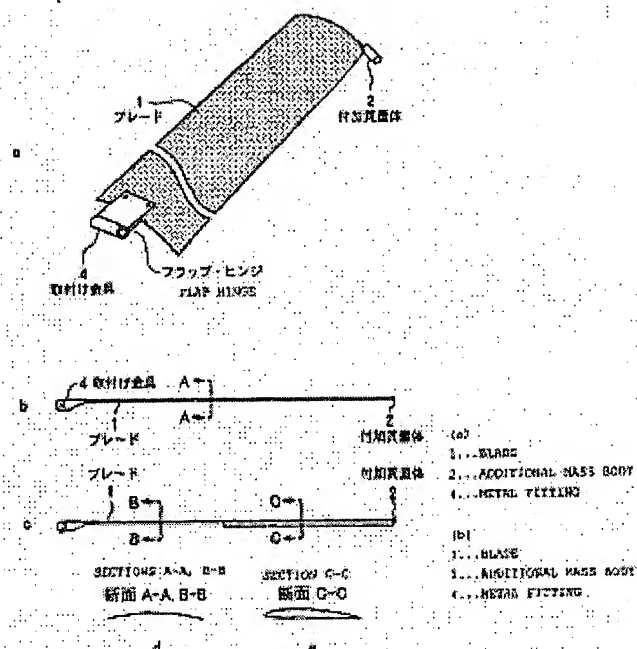
Cited documents:

JP25003964B1  
JP29008608B1  
US4291235  
WO8400053  
JP8219005

Report a data error here

## Abstract of WO02064974

A wind power generating device, wherein a blade (1) having a torsionally flexible structure is installed at a boss part (7) so as to be moved freely only through a flap angle of  $\beta$ , and a control member utilizing a centrifugal force or an aerodynamic force is installed near the wing end of the blade (1), whereby, since the blade (1) is tilted to a downwind side in a wide flap angle range according to a wind velocity, the rotation of the blade can be controlled.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 8 月 22 日 (22.08.2002)

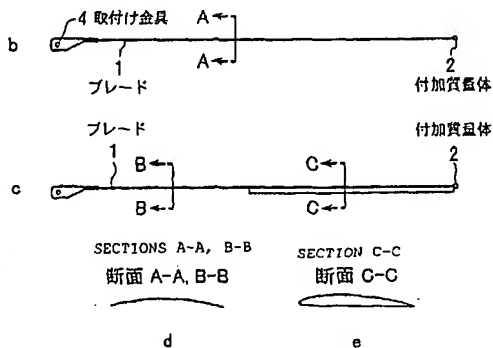
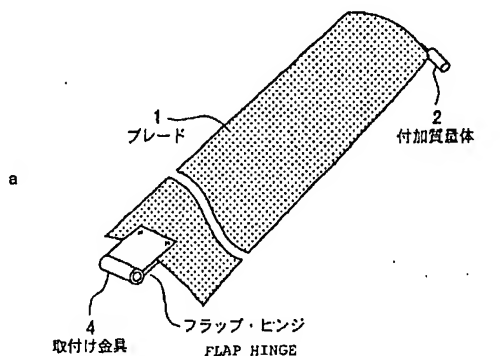
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/064974 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: F03D 7/02 (74) 代理人: 小田 治親 (ODA, Haruchika); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門一丁目1番24号 オカモトヤビル Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/01122
- (22) 国際出願日: 2002 年 2 月 12 日 (12.02.2002) (81) 指定国 (国内): CN, US.
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2001-35656 2001 年 2 月 13 日 (13.02.2001) JP 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 および
- (72) 発明者: 小幡 章 (OBATA, Akira) [JP/JP]; 〒247-0053 神奈川県鎌倉市今泉台四丁目6番17号 Kanagawa (JP). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: WIND POWER GENERATING DEVICE

(54) 発明の名称: 風力発電装置



- (a)
- 1...BLADE  
2...ADDITIONAL MASS BODY  
4...METAL FITTING
- (b)
- 1...BLADE  
2...ADDITIONAL MASS BODY  
4...METAL FITTING

(57) Abstract: A wind power generating device, wherein a blade (1) having a torsionally flexible structure is installed at a boss part (7) so as to be moved freely only through a flap angle of  $\beta$ , and a control member utilizing a centrifugal force or an aerodynamic force is installed near the wing end of the blade (1), whereby, since the blade (1) is tilted to a downwind side in a wide flap angle range according to a wind velocity, the rotation of the blade can be controlled.

WO 02/064974 A1



---

(57) 要約:

振れに関して柔軟な構造をもつブレード 1 をフラップ角  $\beta$  のみが自由に動くようにボス部 7 に取付け、かつブレード 1 の翼端近傍に遠心力あるいは空気力利用する制御部材を取り付けることで、風速に応じてブレード 1 が広いフラップ角度範囲で風下側に倒れ回転を制御できるようにした。

## 明細書

## 風力発電装置

## 技術分野

本発明は、複数のブレード翼を放射状に取り付けたローターの回転によるプロペラ型の風力発電装置に関する。

## 背景技術

近年、クリーンな自然エネルギーの利用が見直されつつあり、その代表例にエネルギー・コストが最も安いと言われる風力発電がある。しかし、本格的に風力発電を普及させようとする観点からは風車の製造・組立てコストを抜本的に低減することが求められている。

従来のプロペラ型風力発電装置のブレード翼根部にはピッチ角可変装置が取り付けられ強風に対する過回転の防止の役割を果たしているが、基本的に剛構造であるためブレード翼根部でのボス部との結合部分にはブレードの回転による遠心力だけでなく、突風等による大きな曲げ荷重が作用するという問題があった。木目の細かい工夫を尽くした設計を実施し軽量化を図りつつ強度を増すことが求められる所以であるが、これは抜本的に単純かつ安価な構造のブレードの存在を許容しない理由ともなっていた。

また、然るべき質量をもつブレードのピッチ角を可変とする装置は必然的に高強度で精度の高いものでなくてはならず、これも風力発電装置の重量、コストを増加させる大きな要因となっていた。

このように、従来のプロペラ型風力発電装置においては、高強度で精密なピッチ角可変装置を備えねばならぬ上にブレード

ドは大きな曲げ荷重と遠心力荷重に耐える必要があったため製造コストのみならず輸送・組立てに関わる費用まで大きくなってしまいうという問題があった。

本発明は上記課題を解決するもので、風力発電装置のブレード部分を柔軟構造にすることにより、軽量かつ簡素な構造を可能として装置の製造および輸送・組立てに関わるコストを大幅に低減することを目的とするものである。

#### 発明の開示

本発明者は、前記課題を解決するために、柔軟性のあるブレードをフラップ角方向すなわち翼の上下面方向にのみ自由に回転できるようボス部に取付け、その翼端近傍に遠心力あるいは空気力利用する制御部材を取り付けることで、従来の剛性高い翼やピッチ角制御装置を必要とせず、フラップ角を変化させることによって定格以上の風速による過回転を防止し得ることを見出した。

この発明の風力発電装置は、請求項 1 の発明がその骨格をなすもので、F i g 2 に示すようにプロペラ型の風力発電装置におけるローターのボス部に、弾性捩れ変形によってスパン方向にピッチ角を変え得るブレードがその翼断面の上下方向への動きを自由にとれるように取付金具ならびにフラップ・ヒンジを介して取り付けられ、ブレードの翼端を含む翼端近傍の前縁または後縁部に付加質量体に取り付けられていることを特徴としている。

請求項 2 記載の発明は、図 2 に示すように請求項 1 に記載された発明に調整機能を付与するため手段であり、ブレードの翼端近傍の前あるいは後縁部に制御用風車に取り付けられてい

ることを特徴とし、請求項 3 記載の発明は、請求項 1 に記載された発明の制御部材としてブレードの翼端後縁部に付加質量体が取付けられていることを特徴としている。

請求項 4 以下に記載の発明は、請求項 1 乃至請求項 3 に述べられた発明の基本原理を実用化するために必要な発明である。

請求項 4 記載の発明は、F i g 3 に示すようにブレードとボス部にそれぞれ S 字状板バネ A とほぼ直線状の板バネ B を固定して取付け、それらを一つの取付金具のヒンジで結合して無風時にブレードが倒れず、かつ起動時にブレードが風下側に流されないようにすることを特徴としている。

請求項 5 記載の発明は、F i g 4 に示すようにブレードとボス部をフラップ・ヒンジと同軸にあるコイル状のバネでつなぎ無風時にブレードが倒れず、かつ起動時にブレードが風下側に流されないようにすることを特徴としている。

請求項 6 記載の発明は、F i g 5 に示すようにブレードあるいはボス部にコマ状の突起あるいは板バネ C によるストッパーを設け、そのストッパーとブレードあるいはボス部 7 の干渉によってブレードが完全に風下側に流されないようにして回転力を保持することを特徴としている。

請求項 7 記載の発明は、F i g 6 に示すようにボス部に板バネ D を取付け、その板バネ D とブレードの干渉によって、ブレードの凹側断面方向の動きを拘束し、ローターに風見安定を与えることを特徴としている。

#### 図面の簡単な説明

F i g 1 は本発明風力発電装置における 1 個のブレードの 1 実施形態の説明図である。(a) は斜視図である。(b) は

F i g 1 のスパン方向断面説明図である。(c)はF i g 1 の他の実施の形態のスパン方向断面説明図である。(d)はF i g 1 (b)のA-A線及びF i g 1 (c)のB-B線断面図である。(e)はF i g 1 (c)のC-C線断面図である。

F i g 2 は、本発明の風力発電装置における1個のブレードの他の実施の形態を示す説明図である。(F i g 2-1)はブレード側端に付加質量体を介して制御用風車を取り付けた斜視図である。(F i g 2-2)はブレードの両面に付加質量体を取り付けた実施の形態の説明用の断面図である。F i g 3 は本発明の風力発電装置のローターのボス部にブレード取付機構の実施の形態を示す要部説明図である。F i g 4 はF i g 3 の要部拡大正面図である。F i g 5 は本発明の風力発電装置のブレードの実施の形態の取付機構を説明する要部拡大側面図である。F i g 6 はF i g 5 の無風状態の説明図である。F i g 7 は本発明の風力発電装置の稼動概要図である。(F i g 7-1)は無風状態を示し、(F i g 7-2)は起動状態を示し、(F i g 7-3)は定格発電状態を示し、(F i g 7-4)は強風下発電状態を示し、(F i g 7-5)は稀な強風下での発電装置状態を示す。F i g 8 は本発明の風力発電装置の翼端におけるブレード振り角と失速および揚力、抗力の関係図を示し、(F i g 8-1)は失速のない振り角状態のブレードに作用する揚力、抗力の関係図である。(F i g 8-2)は失速を生ずる振り角状態のブレードに作用する揚力、抗力の関係図である。F i g 9 は本発明の風力発電装置におけるブレードの振じりとフラップ角が大きい時の合成風と制御用風車の作用関係図を示し、(F i g 9-1)はブレード側面から見た説明図である。(F i g 9-2)はブレードの平面及び断面から見た説明

図である。F i g 1 0 はフラップ角が大きい時の合成風と制御用風車の作用関係図を示す。F i g 1 1 は本発明の風力発電装置におけるブレード翼端渦と制御用風車の回転方向との関係図である。(F i g 1 1 - 1) は翼端渦を持つブレードの説明図である。(F i g 1 1 - 2) は後流に渦を曳く単体の制御用風車の説明図である。(F i g 1 1 - 3) は翼端渦の弱いブレードの他の実施の形態を説明する。F i g 1 2 は本発明の風力発電装置の実施例 1 の概要を示す側面図である。F i g 1 3 は F i g 1 2 の実施例 1 の詳細をしめすもので、(a) は F i g 1 2 のブレードの翼端の斜視図、(b) は F i g 1 2 のブレードの取付機構を示す要部拡大説明図である。F i g 1 4 は本発明の風力発電装置の実施例 2 の概要を示すもので、(a) は側面図、(b) はブレードの翼端の斜視図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の風力発電装置について、以下、具体的に説明する。基本手段を F i g 2 に示す。

ブレード 1 は弾性捩れ変形によってスパン方向にピッチ角  $\theta$  を変え得るもの、例えば円弧翼状の一枚構造の薄翼が用いられる。そのブレード 1 をボス部 7 に対してブレード 1 のフラップ方向にのみ回転自由に取付ける (F i g 1 b, F i g 1 c)。ここで、フラップ軸は必ずしも回転面内にある必要はない。

風速の増加と共にブレード 1 が風下方向に傾きを増すことによって回転数を制御できるように、ブレード 1 の翼端の後縁部に付加質量体 2 を置くか、翼端の前縁あるいは後縁部に制御部材としてのブレード 1 の進行方向に概ね正対して回転する付加質量体 2 を兼ねる小型の制御用風車 3 を設ける。



回転作動中にブレード 1 に対して所要の弾性捩れ変形を与えることが本発明の要点の一つであるので、ブレード 1 の材料は強靱・軽量でかつ弾性変形範囲の広いアルミ合金や F R P 等の複合材が望ましい。本発明におけるブレード 1 は、全長に亘り中空あるいは中実構造をもつ従来型風車のブレード 1 よりも遥かに捩れやすい性質をもたねばならぬが、捩れ剛さ（こわさ）に上下限を有する。

本発明の機能を発揮させるためにブレード 1 が満足すべき捩れ剛さの条件は、ブレード 1 固有の捩り剛性、総質量、質量分布、ブレード 1 および制御用風車 3 の発生する空気力さらには回転数等によって異なってくるため絶対値として定めることは困難であるが、これら諸要因の相互関係の結果として現われる現象を用いて以下のように記述できる。

取付け状態でのブレード 1 の翼端ピッチ角  $\theta$  すなわち回転面と翼弦が成す角を正にとると、ブレード 1 の捩れ剛さの上限は付加質量体を含むブレード 1 各要素に発生する遠心力によるモーメントおよびブレード 1 ならびに制御用風車 3 によって発生する空気力によって発生する捩りモーメントによって定格風速以上、設計最大風速以下の範囲で翼端ピッチ角  $\theta$  が少なくとも負の値（逆回転の起動トルクを与えるピッチ角）にまで変化できなくてはならないという条件から定められる。また、捩れ剛さの下限は翼根部の片持ち梁支持状況において重力あるいは起動風速以下の風圧に抗して自己の形状を維持出来なければならぬ条件から定められる。条件を満たし得る典型例が、自重で撓むことの無い程度にまで板厚をそいだ薄い一枚構造の円弧翼である。

なお、本発明が適用できるブレード 1 は F i g 1 b に示され

るようなスパン方向全体に薄い断面を持つ翼に限定されるものではない。弾性捩れ変形に関する条件は、通常の翼型であれば略確実に失速に陥る迎え角に相当する30度程度を先端で捩っても弾性範囲内にあることだけであるから、スパン方向すなわち半径方向の断面が一様に薄板構造である必要はなく Fig 1 c に示すように、例えば略1/2半径の外側は通常の閉じた断面を持った翼型とし、残り略1/2半径の内側を薄板構造にして、捩りを薄板構造部分で受け持たせても良い。

また、捩れを分担する薄翼部分においても断面は必ずしも円弧翼である必要は無く、空力特性に優れかつ捩れやすい断面であれば良い。

さて、ブレード1はフラップ方向に回転自由な取付けなので、無風状態において回転軸上方にあるブレード1が倒れないように、かつ風が吹いた時に回転を始める前に下流側に流されてしまわないように、Fig 3、Fig 4 に示すようにブレード1の翼根部を板バネB、あるいは板バネDなどで支える。ここで、板バネAをS字形状にしておくと、この板バネAは、最も変形の大きい、ブレード1が完全に風下側に流される時でもS字が押しつぶされたような形状を保つので、ブレード1への接合面には概ね圧縮力として作用し、ブレード1との接合部の強度設計上好ましい効果を持つ。

また、強風下で完全に風に流されてしまうとブレード1は回転力を失い、遠心力による見かけの剛性も消え、風圧の強い中で自己形状の保持が出来なくなる可能性がある。そこで、Fig 5 に示すように下流側へのブレード1の倒れに対して制限する装置を設けることが望ましい。例えば、ストッパー8や板バネCを取り付ける。さらに、本発明の風力発電装置の風車を

風見安定板のないダウン・ウインド型として機能させるためには、確実な風見安定効果がなければならないので、F i g 6 に示すような板バネ D などによるストッパーを設けることが望ましい。

本発明を風力発電装置に適用した時の稼動状況概要を F i g 7 に示す。

風が吹くとブレード 1 は風圧によって板バネ等の弾性部材の拘束に逆らってフラップ軸回りに回転し風下側に流されるが (F i g 7 - 2)、各断面は回転面に対してピッチ角  $\theta$  を持って取付けられているため、完全に風に流される前に自らが発生する空気力のトルク成分によって回転を始める。回転を始めると遠心力によって風上側にフラップ角  $\beta$  が戻り、安定した回転を行う (F i g 7 - 3)。ブレード回転の制御部材として制御用風車 3 を設ける場合、制御用風車 3 がブレード回転の抵抗にはなるが、制御用風車 3 のピッチ角  $\theta$  を深く設定することでローター・ブレード全体の空力性能を大きく阻害しないように出来る。また、F i g 5 に示すように本来の稼動状態での風向と逆向きに風が吹く場合には、ブレード 1 はストッパー 8 に当たり、傾きを変えない。従ってブレード 1 への空気抵抗は風車支柱軸 11 まわりの回転モーメントとして作用するため、ブレード 1 は風見安定を示す。

風速が増すとローターは回転数を増すが、回転数の増加に伴い板状のブレード 1 はその各部に作用する遠心力によってブレード軸回りにピッチ角  $\theta$  をフラットにするようなモーメントを発生する (F i g 8 - 1)。この効果はテニス・ラケット効果としてよく知られ、モーメントによって翼端部は頭 (前縁) 上げの方向に振られるため、振れやすい特性を有するブレード

1 は翼端のピッチ角  $\theta$  を浅くするようになる。また翼端の後縁部に付加質量体を持つと、その翼端部（付加質量体部）は遠心力によって常に回転面上にあるとするので、回転数に応じて生ずる、ブレード翼端の後縁を回転面に向けて強制的に下げるような振りモーメントを付加質量体の大きさに調整する事が出来る。ピッチ角  $\theta$  が浅くなると迎え角  $\alpha$  が増し、ブレード 1 に作用する風圧すなわち回転面に直角方向の力が増してフラップ角  $\beta$  を大きくするように作用し、風に正対する回転面積を減少させる。回転面積の減少は風から吸収するエネルギーの減少につながり回転数の増え方の減少に寄与するので、結果的に当該ローターは回転数を殆ど増さずにフラップ角  $\beta$  の変化で風速の増加に対応することになる。

F i g 8 - 2 に示すようにブレード 1 がある程度以上振れてくると、変形の大きいブレード 1 の翼端部はゼロに近いピッチ角  $\theta$  あるいは負のピッチ角  $\theta$  に至り、迎え角  $\alpha$  が大きくなり過ぎて翼端部で失速を生ずるようになる。この失速はブレード 1 の回転を減速させるので、回転数の上昇は抑えられフラップ角  $\beta$  はさらに大きくなる（F i g 7 - 4）。

さて、付加質量がブレード翼端後縁部に取付けられていて、なおかつブレードの振れ剛性が適切に設定されていると、風速がさらに増しても、フラップ角が自動的に大きくなって風圧を逃げ結果的に回転数が殆ど増さないようにできることを説明する。

ある風速である程度以上のフラップ角、すなわち翼端の付加質量体が回転面から外れて風下側に位置している状態で釣合っているものとする（F i g 9 - 1）。この状態で風速が増すとブレードに作用する空気力は大きくなるので一時的に回転数

を増すが、それに対応する遠心力増分によって翼端の付加質量体が回転面に近づこうとする振りモーメントが発生し、ブレードの振り剛性に抗して釣合い状態からの振り角を増し、翼端部の迎え角をより増すことになる（F i g 9 - 2）。後述のように、フラップ角  $\beta$  が大きい時は翼根側斜め前方から風を受けているので（F i g 1 0）、振れ角が増すことは失速迎え角が翼根側に移ることを意味する。すなわち、ブレードの失速領域はさらに増して、回転トルクを与える揚力成分は減少する。従って、一度増した回転数が減少することになって、結局安定した釣合い状態では回転数の増加、すなわち遠心力の増加が抑制されることになる。一方、遠心力に抗してフラップ角  $\beta$  を増そうとする、揚力成分と抗力成分からなる空気力は抗力成分の増加によって全体として増加するので、空気力と遠心力の比で決まるフラップ角  $\beta$  は増して風下側にブレード 1 が流されるような形で釣合うことになる。

このように、原理的には翼端後縁部においた付加質量体の位置、大きさとブレードの振り剛性の組合せだけで回転数の上昇は抑制できるが、現実問題としてこれらの組合せを自由に与えられない場合がある。その場合には、翼端の制御用風車を設け、風速の増加に対してフラップ角増加機能を分担させるようにする事が出来る。

以下に、制御用風車の機能を説明する。

ブレード 1 の剛性を低くして、付加質量体 3 を翼端に取付けると、風速増による回転数増に応じて振れ角が大きくなり、失速領域が増す。失速領域が増すとブレードの回転抵抗は増し、回転数は元に近い値に下がり、遠心力も大きく変わらない。一方回転軸方向に受ける風圧は風速増および失速によって増して

いるから、遠心力と回転軸方向風圧の釣り合いで決まるブレードの下流への傾き角、すなわちフラップ角 $\beta$ は増加する。風速が増すと回転数は余り変わらず、フラップ角 $\beta$ が増したところで釣り合うことになる。それで充分フラップ角制御が可能なきもある。振れ過ぎるとブレード1は回転面内の動きに対する剛性を失うことによって折れ曲がってしまう可能性がある。このような場合には動的に不安定な動きを示すようになるため、一定以上の振れ角あるいはフラップ角においてはブレード1の振じり変形以外の方法で回転数を制御できることが望ましい。この機能を果たすのが制御用風車3である。フラップ角 $\beta$ が大きくなると、この制御用風車3は空力的な特性のみによってフラップ角 $\beta$ の増加機能を果たすのである。

F i g 1 0 はフラップ角が大きい時の合成風の方角と制御用風車との関係図である。

フラップ角 $\beta$ が大きくなると、ブレード1はあたかも後退翼のようにブレード面に対して翼根側斜め前方から風を受けるようになり、翼端部に置かれた制御用風車3も斜めに風を受けるようになる(F i g 1 0 a)。斜めの風を受ける制御用風車3は、その回転面で出来た円盤翼のように、相対風に対して抗力だけでなくその直角方向に揚力(F i g 1 0 b 左側)も発生するので、その合成力は少なからぬものとなり、共にブレード1の回転にとって抵抗力(F i g 1 0 b 右側)として作用するようになる。

この場合の $\Omega$ は回転角速度で、 $r$ はブレードの半径である。その結果、風速が増してもブレード1の回転数は上がらなくなり遠心力も増えなくなる。一方ブレード1のフラップ角 $\beta$ を増やす力はブレード1に発生する揚力と抗力の合成力に依存す

る。制御用風車 3 はブレード 1 のフラップ方向には大きな力を発生しないので、フラップ角  $\beta$  を増そうとする力は減少せず、結果的にブレード 1 は遠心力に打ち克ってさらにフラップ角  $\beta$  を増すことになる (F i g 7 - 5)。

風車の位置は前縁部にあっても、同様の機能を発揮する。

この制御用風車 3 による回転減速効果はフラップ角  $\beta$  に応じて大きくなるが、それが回転している限りフラップ角  $\beta$  が大きくなっても回転面の揚力発生効果によって衰えず、フラップ角  $\beta$  が 90 度近くになるまで有効である所に特徴がある。すなわち、傘で言えば完全に折畳まれた状態に至る直前まで、風車ブレードは回転を継続しつつフラップ角  $\beta$  を増し続けることになる。高風速下においては、回転を継続させる方がブレード形状を維持させやすいので、ブレード 1 の動きはフラップ角  $\beta$  が 90 度近いところで F i g 4 に示すストッパー 8 によって止められる。

以上のように、弾性捩れ変形によってスパン方向にピッチ角  $\theta$  を変え得、かつ翼端後縁部に付加質量体をもつブレード 1 を用いることで、自身の発生する回転慣性力による自身への振りモーメントを利用し、翼端部後縁に設けた付加質量体 3 による付加的モーメントあるいは前縁または後縁部にブレード 1 の進行方向に概ね正対する回転面を持つように取付けられた制御用風車 3 の空力特性を制御部材として使用または併用することにより、大きな角度範囲にわたって風速に応じてフラップ角  $\beta$  を増して回転数の上昇を抑えかつ安定した回転を継続できるローター・ブレードを実現することが出来ることになる。

制御用風車 3 の回転方向は任意であるが、翼端渦を拡散させる方向の回転が翼端渦による誘導抵抗減少上および騒音緩和

上望ましい（F i g 1 1）。制御用風車 3 のサイズは小さいほど風車全体の効率は向上する。

以上のように、弾性捩れ変形によってスパン方向にピッチ角  $\theta$  を変え得るブレード 1 を用いることで、自身の発生する回転慣性力による自身への振りモーメントと、前縁または後縁部にブレード 1 の進行方向に概ね正対する回転面を持つように取付けられた制御用風車 3 の空力特性を併用することにより、大きな角度範囲にわたって風速に応じてフラップ角  $\beta$  を増して回転数の上昇を抑えかつ安定した回転を継続できるローター・ブレードを実現することが出来ることになる。

制御用風車 3 の回転方向は任意であるが、翼端渦を拡散させる方向の回転が翼端渦による誘導抵抗減少上および騒音緩和上望ましい（F i g 1 1）。制御用風車 3 のサイズは小さいほど風車全体の効率は向上する。

さて、軽量化と低コスト化を図るためには、ブレード 1 は一枚構造の単純な断面形状をもつ薄翼であることが望ましい。例えば円弧翼は、ボス部 7 に対するフラップ・ヒンジ結合が容易である。しかも閉じた断面を持たないので捩れやすい特徴をもち本発明の適用に好都合である。また、性能上レイノルズ数の影響を受けないので、従来型小型風力発電装置の本質的な問題とされていたレイノルズ数の小さい時の性能の劣化対策として有用であるという別のメリットももつ。

#### 実施例 1

F i g 1 2 に風力発電機の風車に本発明の風力発電装置のブレード機構を適用した例を示す。

ブレード 1 は円弧状のブレード 1 の薄翼で翼端部後縁に棒状の付加質量体 2 が取付けられている。



風車のブレード1はフラップ角 $\beta$ （ブレードの風下方向への流され角度）のみが自由に回転できるように、かつ起動トルクを発生できるようにフラップ軸は回転面に対して約20度のピッチ角 $\theta$ をもって取付けられている。

また、ブレード1のフラップ運動を許容するとともに、正負両側に過大に動かぬように板バネA、Bが結合ヒンジ5を介してブレード1とボス部7に取付けられている。なお、ブレード1にはブレード1が一定角以上流されるとボス部7に突き当たるようにストッパーが取付けられている。実施例ではフラップ角 $\beta$ 80度を上限としている。

実施例1では、正規の設置形態で無風状態では最高所にあるブレード1がフラップ角30度程度になるように、そしてローター面が仮に水平になったときにブレード1のフラップ角 $\beta$ が0度を維持できる程度に板バネの形状と強さが調整されている。また、尾翼なしで風見安定を得るため稼動状態でローター面が風下側になるようにブレード1が取付けられている。

無風の設置状態では、ブレード1は上述のスプリングによってフラップ角30度から0度の範囲に収まっている（Fig 7-1）。

ブレード1の凸面側からの風、すなわち風車でいえば風下側からの風に対しては、ブレード1はフラップ角 $\beta$ を小さくしようとするがスプリングによって動きを拘束されているので、通常のダウン・ウインド方式のプロペラ型風車と同様の風見安定を示す。

ブレード1の凹面側からの風に対しては、ブレード1はフラップ角30度程度であったものが風圧によって一時45度程度にまでフラップ角 $\beta$ を増すが、各ブレード1がピッチ角 $\theta$ を

もって取付けられているため空力的なトルクを発生し回転を始めるようになる (F i g 7 - 2)。回転を始めると、遠心力によってフラップ角  $\beta$  を減じ始め、釣合い状態で回転を続ける (F i g 7 - 3)。

この状態を設計点にすれば、従来風車と全く同じ性能を発揮できることになる。

以下前述に説明した通り、風速の増加に対して、回転数を大きく増すことなくフラップ角  $\beta$  を大きくしながら当該風車は回転を継続する。ブレード 1 の失速が始まると、風速増加に伴い翼端の付加質量体に作用する振りモーメントが大きくなるだけでなく、そのモーメントによって、より迎え角が増し失速領域が増えるという循環作用が生じ、風速が増すにつれてフラップ角を増すが回転数は増えないという傾向が継続する。

風速がさらに増してくるとブレード 1 はフラップ角  $\beta$  上限のストッパーに当たったまま回転を維持することになる。フラップ角  $\beta$  の上限を 80 度にするとローターの前面面積はフラップ角  $\beta$  ゼロの時の約  $1/36$  となり、受け止める動圧も  $1/36$  になる。これは  $10\text{ m/s}$  を定格風速とすると、 $60\text{ m/s}$  の強風下でも定格運転時に受ける風圧と同程度であることを意味し、通常しかるべき安全率をもって強度設計をすることを考えると実用上如何なる風速に対しても回転を停止することなく稼動できるように設計することが可能となる。

#### 実施例 2

F i g 1 4 に本発明の他の実施例を示す。

実施例 1 と異なるのは、ブレード翼端の後縁にフラップ角の制御をより容易ならしめるように制御用風車を取付けたところにある。

既に制御用風車の作用を詳しく説明をしたように、ブレードの振り剛性と付加質量体の組合せに強く依存することなく、それ自体で独立に、フラップ角 $\beta$ が大きいところでは風速増に対して回転数を増加させずフラップ角 $\beta$ を増す機能を有するので、ブレード・システムの設計が容易になると言うメリットを有する。

#### 発明の効果

本発明の風力発電装置は、従来の風車には装備が必須とされているブレードのピッチ角制御装置を設けることなく強風に対して過回転にならない方法が実現可能となった。

また、本発明のコンセプトはブレードの構造をシンプルにするので、在来の風車にくらべて著しいコスト低減を可能とし、なおかつ可搬性および組立ての容易性についても格段の向上が期待できる。

また、ブレードには薄板構造も許容されるので品質の確保が容易となり、かつ曲げ負荷が従来方式のブレードに比して大幅に軽減される上、ブレードに作用する応力も一様性を有するようになるので疲労強度を確保する上でも従来型に比較して優位になるという大きなメリットを与える。

本発明を応用した風車にはカット・アウトすなわちブレードを停止するという概念が存在しないので、強風中でも常に定格に近い発電を継続できるという特徴を持つ。

また、円弧翼等の薄翼ブレードは流線形状の翼断面を持つ風車ブレードの必然であった低レイノルズ数における性能の極端な低下がないので、これを用いる場合には直径10m以下の風車の性能を格段に向上させることが可能となり用途拡大の

道を拓く。

#### 産業上の利用可能性

この発明の風力発電装置は、クリーンな自然エネルギーを利用してエネルギーコストがもっとも安い風力発電を提供するのである。従来の風力発電の多くの欠点を改善して、効率的風力発電装置である。

### 請求の範囲

1

プロペラ型風力発電装置においてローターのボス部に、弾性振れ変形によってスパン方向にピッチ角を変え得るブレードがその翼断面の上下方向への回転を自由にとれるように取付けられ、ブレードの翼端を含む翼端近傍の後縁部に付加質量体が取付けられていることを特徴とする風力発電装置。

2

ブレードの翼端部にブレードの進行方向に概ね正対するような回転面をもつ小型の制御用風車が取付けられていることを特徴とする請求項 1 記載の風力発電装置。

3

ブレードとボス部にそれぞれ S 字状板バネとほぼ直線状の板バネを固定して取付け、それらを一つのヒンジで結合して無風時にブレードが倒れず、かつ起動時にブレードが風下側に流されないようにすることを特徴とする請求項 1 および 2 記載の風力発電装置。

4

ブレードとボス部をフラップ・ヒンジと同軸にあるコイル状のバネでつなぎ無風時にブレードが倒れず、かつ起動時にブレードが風下側に流されないようにすることを特徴とする請求項 1 および 2 記載の風力発電装置。

5

ブレードあるいはボス部にコマ状の突起あるいは板バネによるストッパーを設け、そのストッパーとブレードあるいはボス部の干渉によってブレードが完全に風下側に流されないようにして回転力を保持することを特徴とする請求項 1 および 2

記載の風力発電装置。

6

ボス部に板バネを取付け、その板バネとブレードの干渉によって、ブレードの凹側断面方向の動きを拘束し、ローターに風見安定を与えることを特徴とする請求項 1 および 2 記載の風力発電装置。

FIG.1

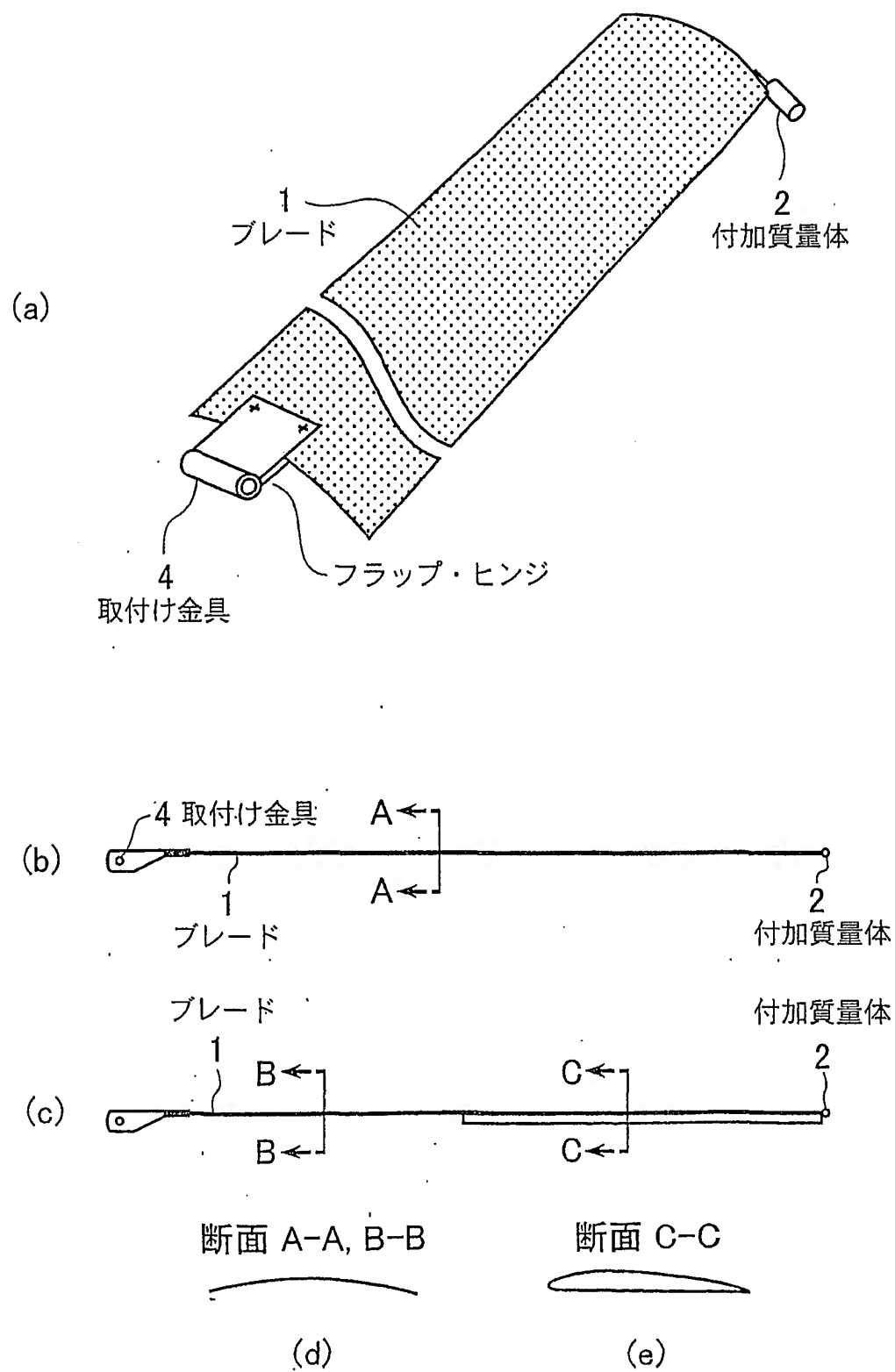


FIG.2

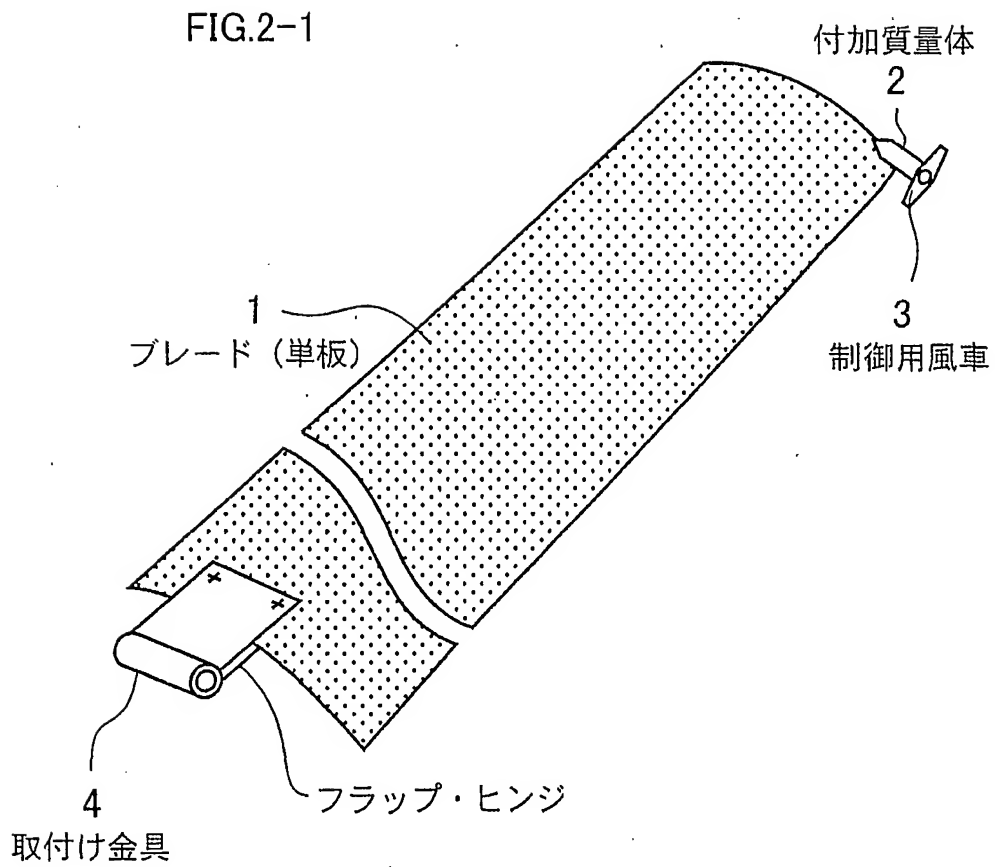


FIG.2-2

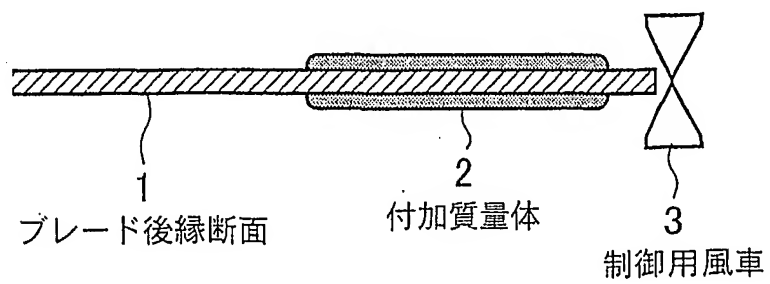




FIG.3

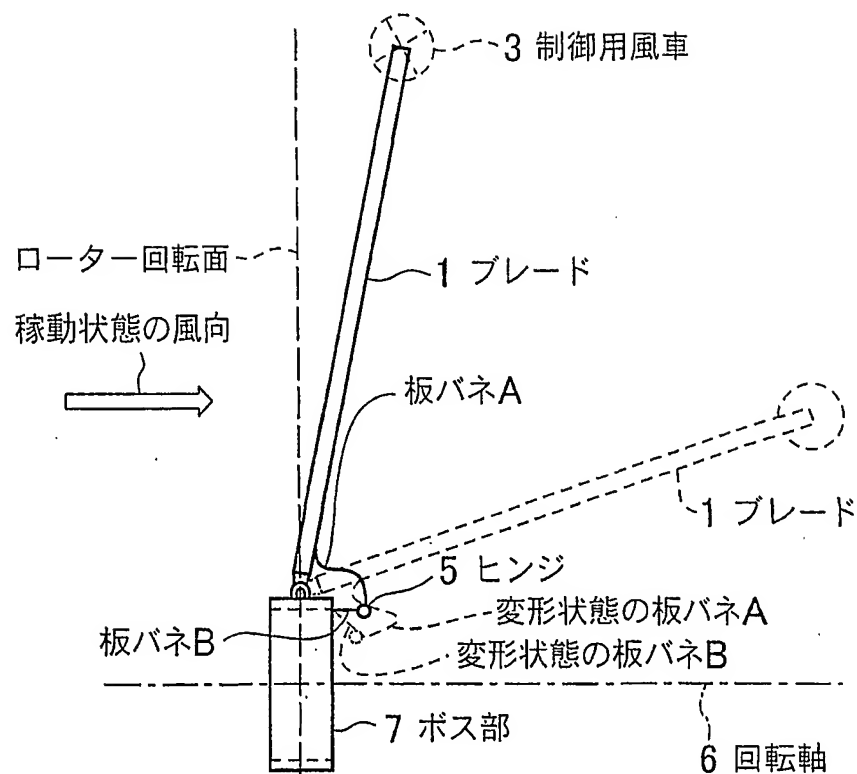


FIG.4

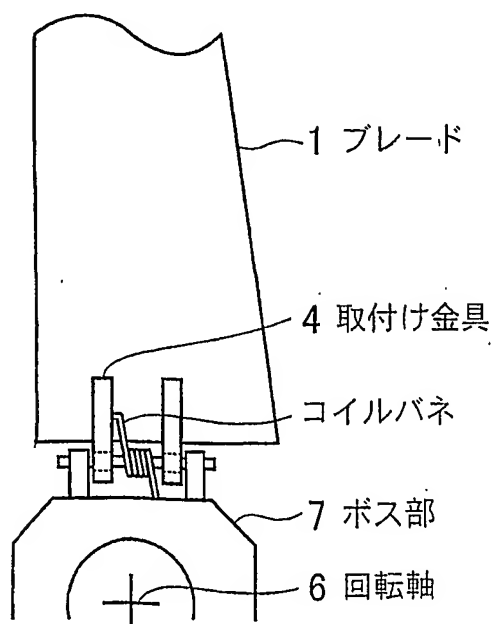


FIG.5

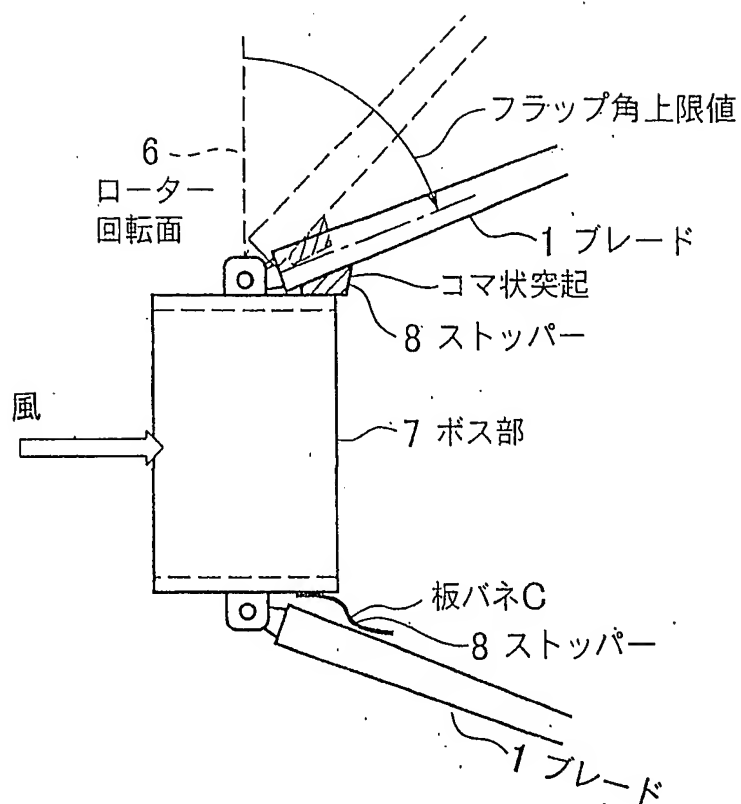


FIG.6

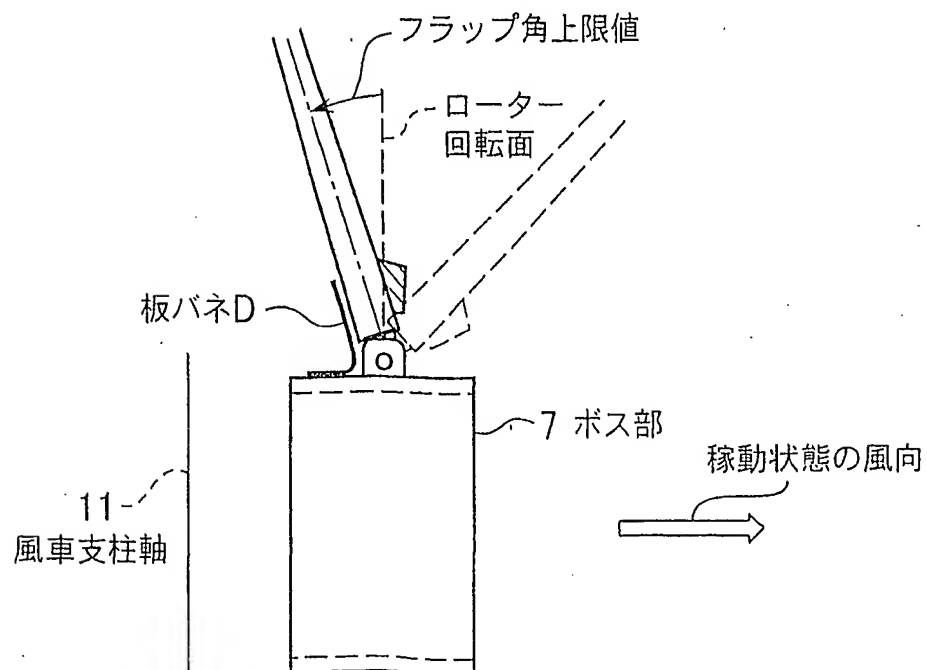


FIG.7

FIG.7-1

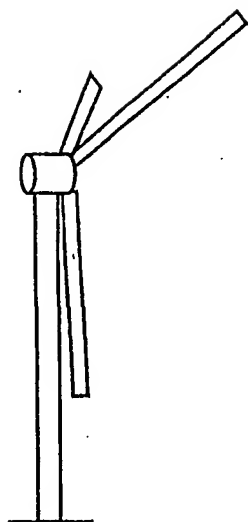


FIG.7-2

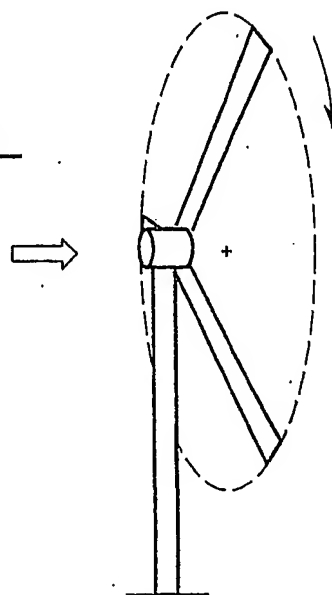
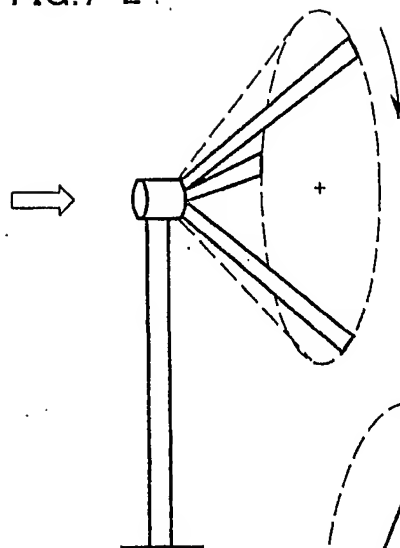


FIG.7-3

FIG.7-4

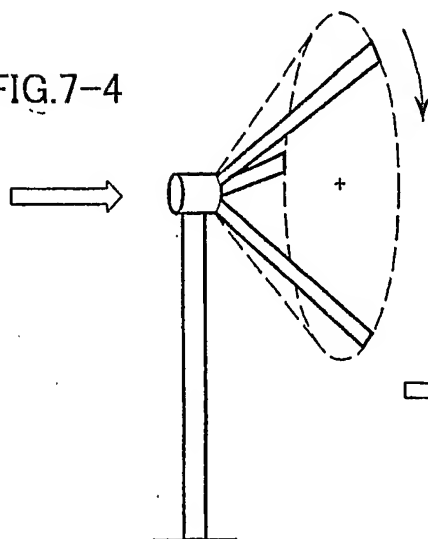


FIG.7-5

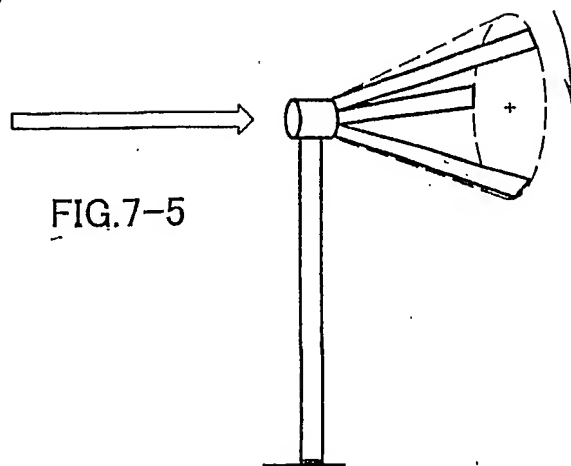


FIG.8

FIG.8-1

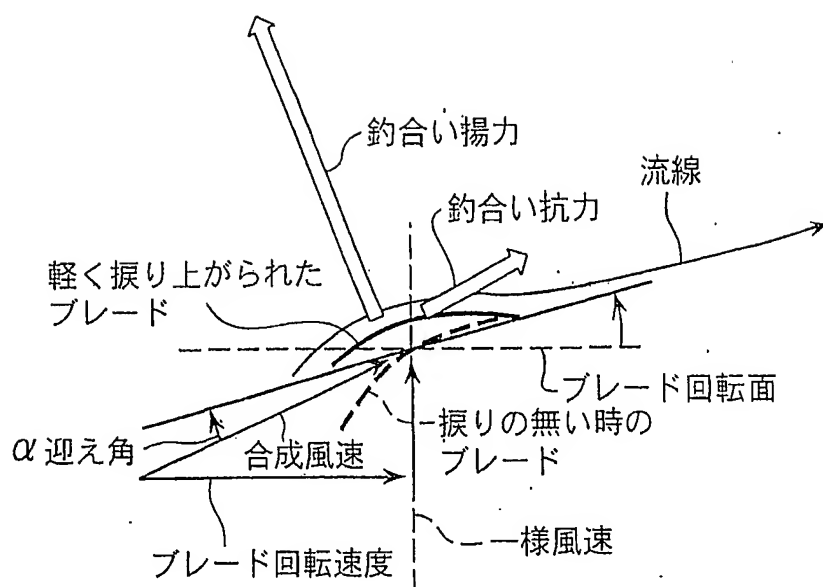


FIG.8-2

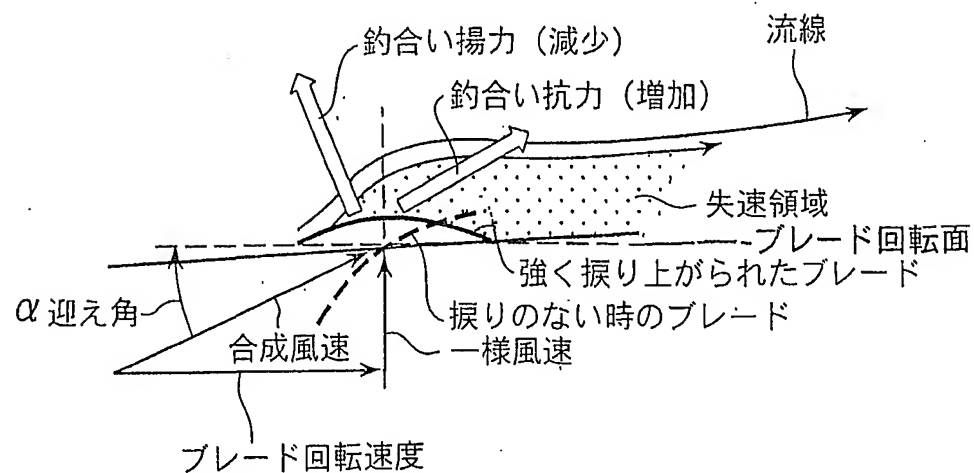


FIG.9

FIG.9-1

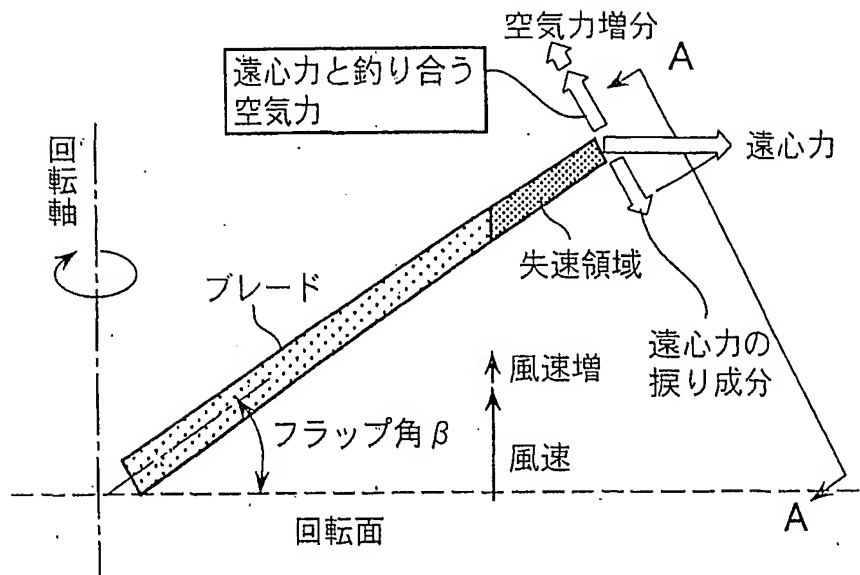


FIG.9-2

上図の矢視A-A

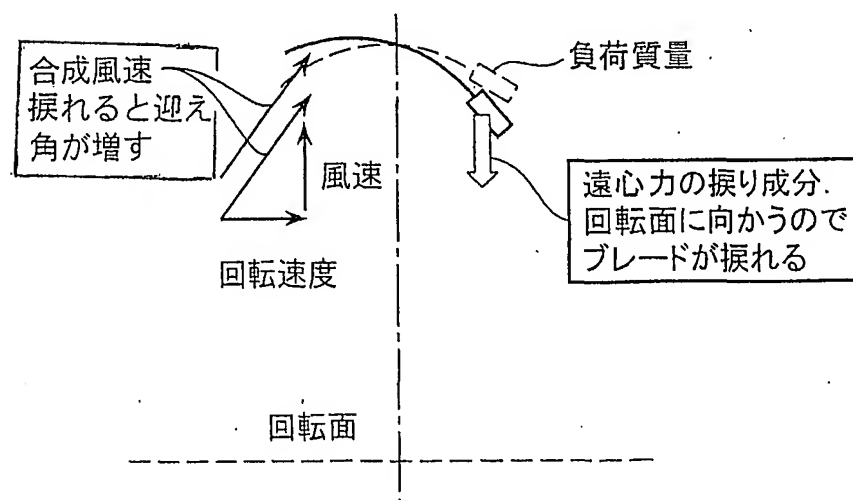


FIG.10

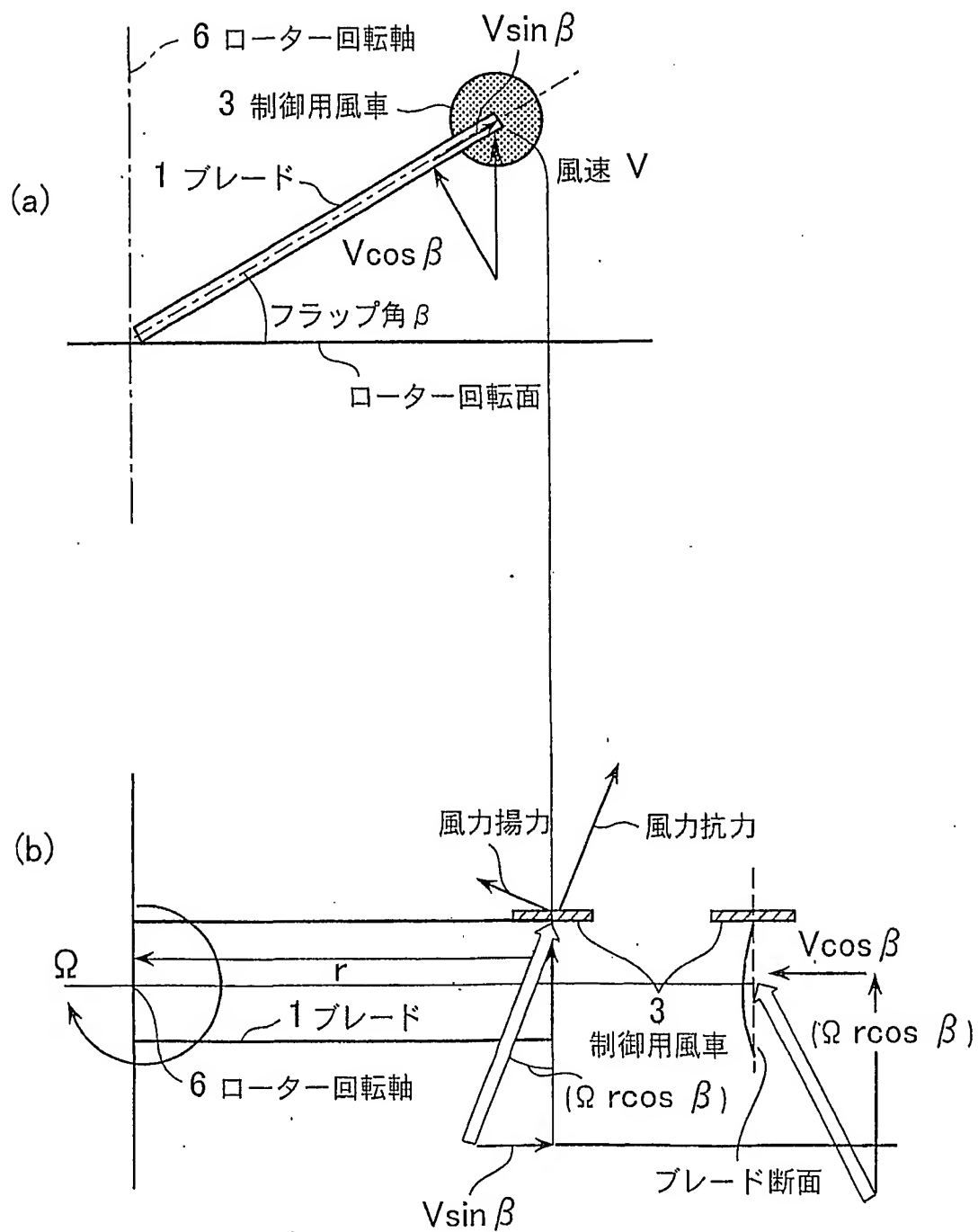
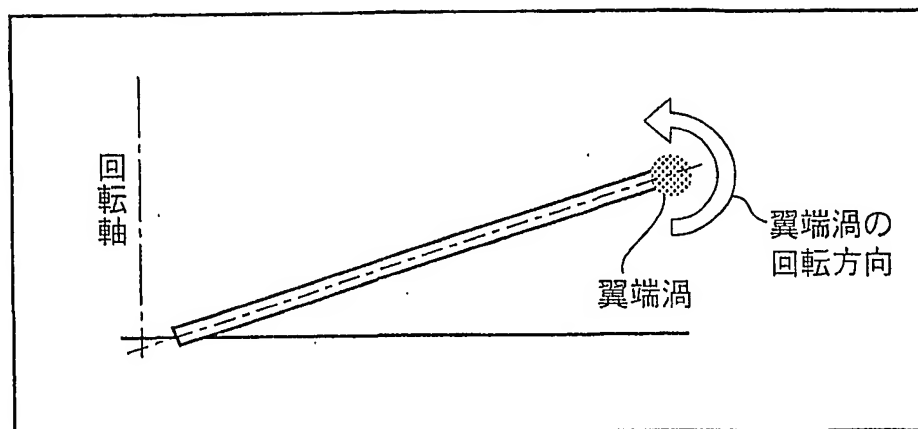


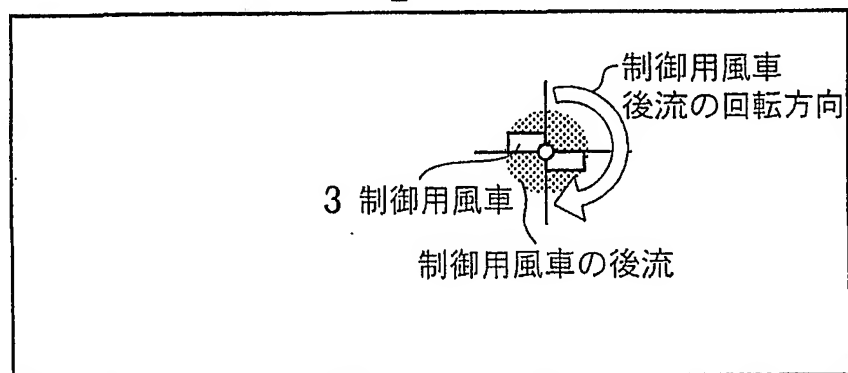
FIG.11

Fig. 11-1



+

Fig. 11-2



||

Fig. 11-3

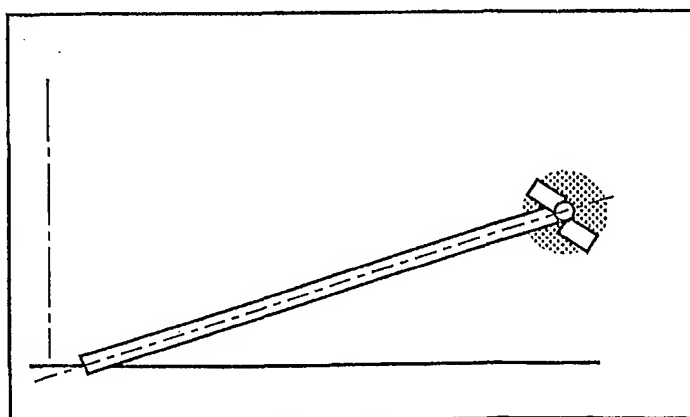


FIG.12

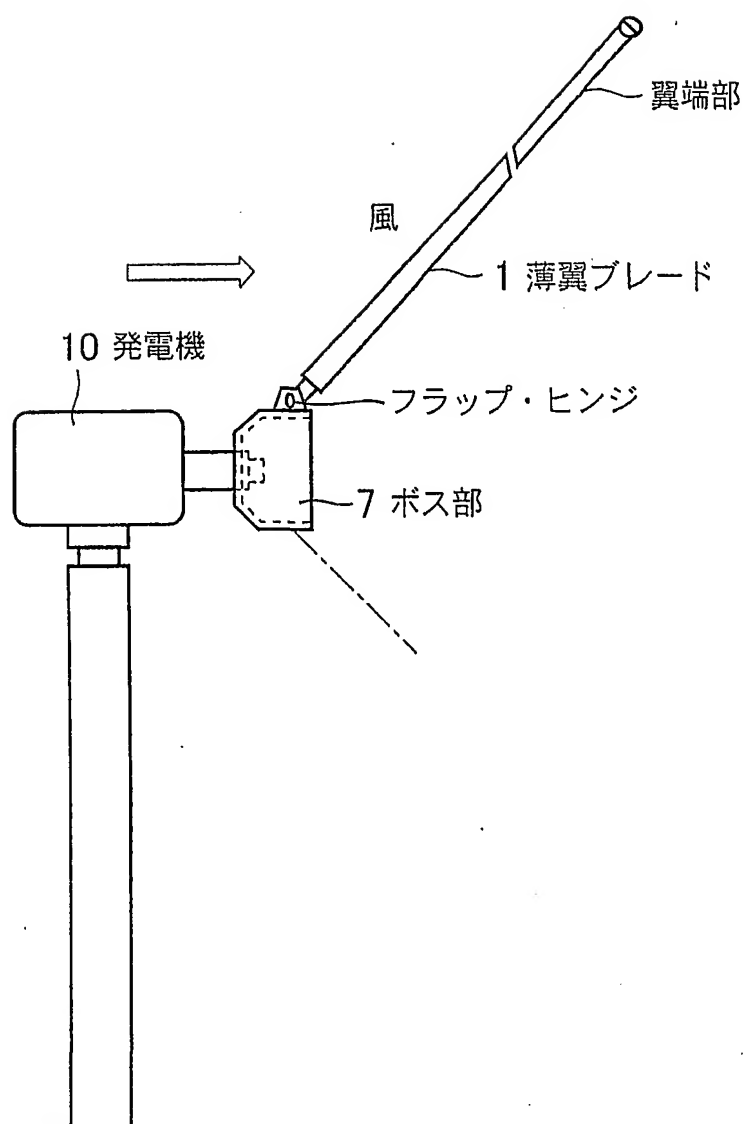




FIG.13

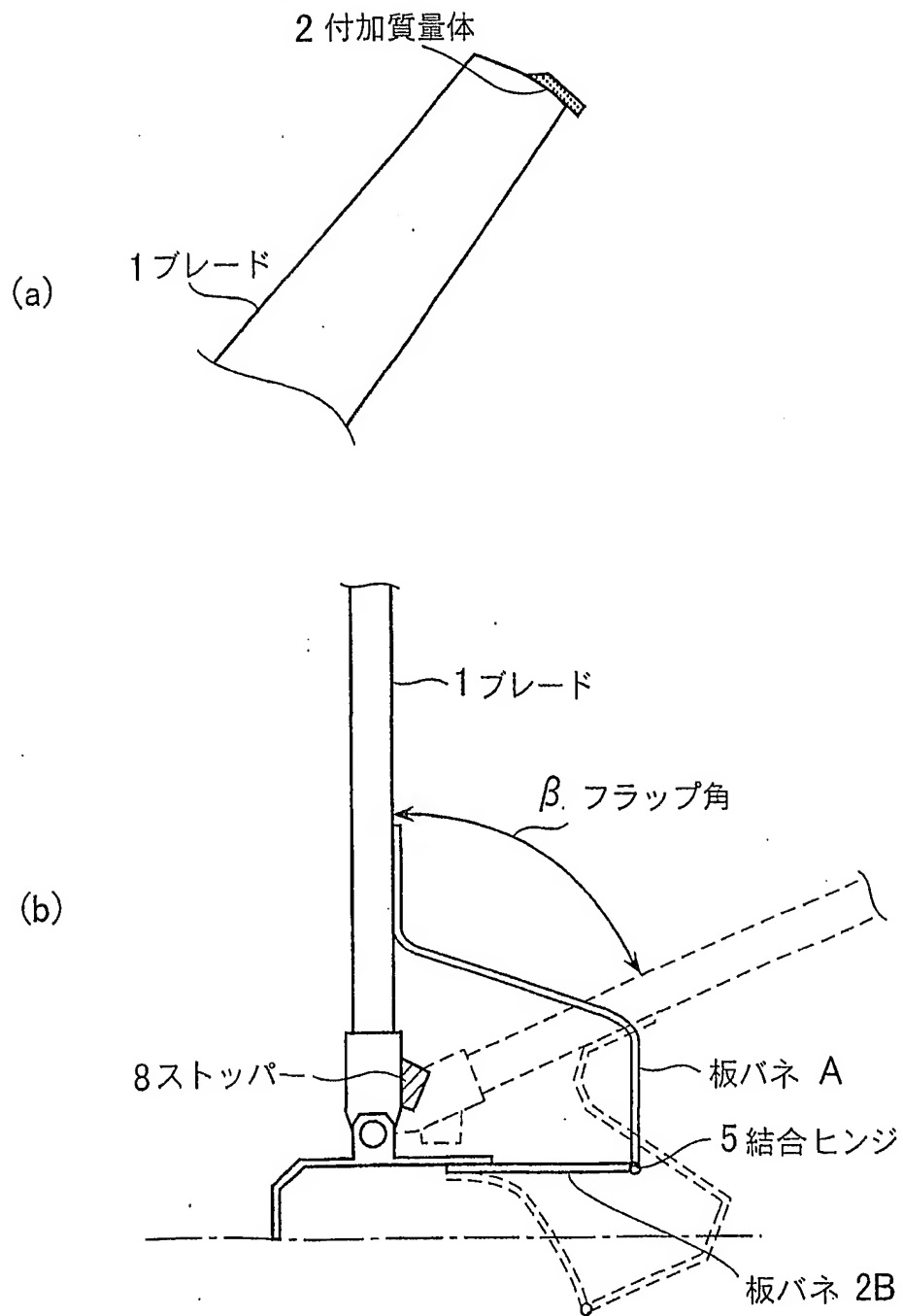
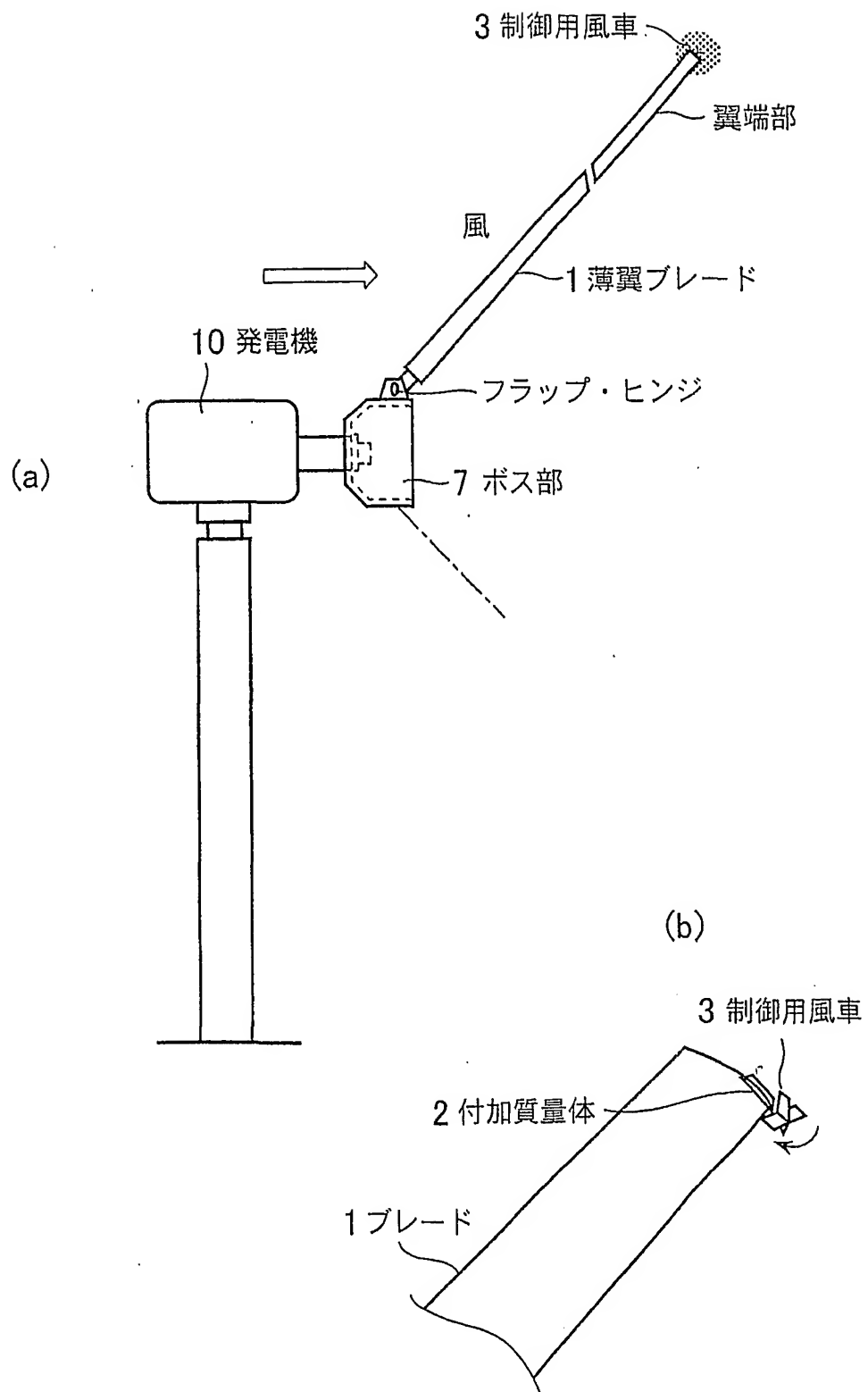


FIG.14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl <sup>7</sup> , F03D7/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> F03D7/02, F03D7/04, F03D1/06		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 25-3964 B1 (Tomijiro MORIYA), 20 November, 1950 (20.11.50), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1 2-6
Y A	JP 29-8608 B1 (Takayuki KURAZUMI, Shoichiro KURAZUMI), 27 December, 1954 (27.12.54), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1 2-6
Y A	US 4291235 A (Karl H. Bergey, Michael L.S. Bergey), 22 September, 1981 (22.09.81), Column 6, line 63 to column 10, line 34; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1 2-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 April, 2002 (16.04.02)		Date of mailing of the international search report 30 April, 2002 (30.04.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01122

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 84/00053 A1 (Conort Engineering AB.), 05 January, 1984 (05.01.84), Full text; Figs. 1 to 4 & SE 8203721 A	2
A	JP 8-219005 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 27 August, 1996 (27.08.96), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	2

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> F03D7/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> F03D7/02 F03D7/04 F03D1/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P 25-3964 B1 (守屋富次郎) 1950. 11. 20, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1 2-6
Y A	J P 29-8608 B1 (倉員隆而, 倉員昌一郎) 1954. 12. 27, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1 2-6
Y A	US 4291235 A (Karl H. Berg ey, Michael L. S. Berg ey) 1981. 09. 22, 第6欄第63行-第10欄第34行, 第1-9図 (ファミリーなし)	1 2-6

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.04.02

国際調査報告の発送日

30.04.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

刈間 宏信

3 T

8816

電話番号 03-3581-1101 内線 6268

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 84/00053 A1 (CONORT ENGINEE RING AB) 1984. 01. 05, 全文, 第1-4図 & SE 8203721 A	2
A	JP 8-219005 A (三菱重工業株式会社) 1996. 08. 27, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	2